

ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС ИЗ СПЛАВА АК12

В.Р. Абалымов^{1,2}, Ю.А. Клейменов¹, Т.Н. Дроздова²

¹ ООО «ЛМЗ «СКАД»», г. Дивногорск

² ФГАОУ ВПО СФУ ИЦМиМ, г. Красноярск

AbalymovVR@yandex.ru, avr@scad.ru

Рассмотрено влияние легирования магнием на структуру, механические свойства и устойчивость к разрушению при стендовых испытаниях автомобильных дисков колес из сплава АК12. Установлены взаимосвязи между концентрацией магния, структурой и свойствами дисков колес из исследуемого сплава. Выбран наиболее оптимальный химический состав сплава, позволяющий достигать повышенных свойств.

Качество литых автомобильных дисков колес в нашей стране регламентировано требованиями ТР, правил ЕЭК ООН №124 и ГОСТ Р 50511-93 [1-3]. В настоящее время при производстве литых автомобильных легкосплавных колес используют преимущественно силумины.

Как известно, для всех литейных сплавов основными являются такие характеристики, как высокая жидкотекучесть способствующая оптимальному заполнению литейной формы, малая склонность к образованию усадочных и газовых пустот, трещин, раковин. Сплав АК12 имеет наиболее высокие литейные свойства. В работе проведена оценка возможности повышения прочностных характеристик сплава АК12 за счет легирования его магнием.

Одним из основных легирующих элементов в силуминах (после кремния) является магний. Магний способствует повышению прочности и твердости, но снижает в той или иной степени показатели пластичности силуминов. Влияние магния связано одновременно с изменением нескольких структурных факторов: чем его больше в силуминах, тем выше легированность алюминиевого твердого раствора, больше количество дополнительных избыточных фаз кристаллизационного происхождения и вторичных их выделений, грубее структура кремниевой эвтектики [4].

В качестве шихтовых материалов в условиях «ЛМЗ «СКАД» использовалась мелкогабаритная чушка (МГЧ) первичного алюминия производства ОАО «РУСАЛ», МГЧ Мг90 магния и отходы собственного производства. В качестве модификаторов применялась прутковая лигатура Al-Ti5-B1 для модифицирования твердого раствора и Al-Sr10 для модифицирования эвтектики.

Для проведения исследования отлиты опытные партии колес системы Al-Si с содержанием Si (11,2-11,35%), на верхнем пределе ТИ 1-1-2012, и различным содержанием Mg 0,12-0,32%. На всех колёсах были проведены

исследования структуры, механических свойств, проводилась оценка стойкости при стендовых испытаниях.

Количественный анализ микроструктуры осуществлялся с использованием программы-анализатора изображений ImageExpert Pro 3. Характерная модифицированная микроструктура колес, которая состоит из дисперсной эвтектики α +Si и дендритов алюминиевого твердого раствора представлена на рис. 2, а. В структуре опытных отливок (рис. 2, б) присутствует фаза Mg_2Si , а также железосодержащие фазы β ($FeSiAl_5$).

Магний в силуминах образует фазу Mg_2Si , которая выделяется в форме иероглифов. Размер фазы Mg_2Si увеличивается с повышением концентрации магния в сплаве АК12. Полученные результаты согласуются с данными, приведенными в работе [5]. Анализ микроструктуры колес выявил, что с увеличением содержания магния в сплаве, возрастает объем немодифицированной эвтектики с 1,44% до 3,42% (рис. 1). Средний размер дендритной ячейки в спице составляет 22-26 мкм.

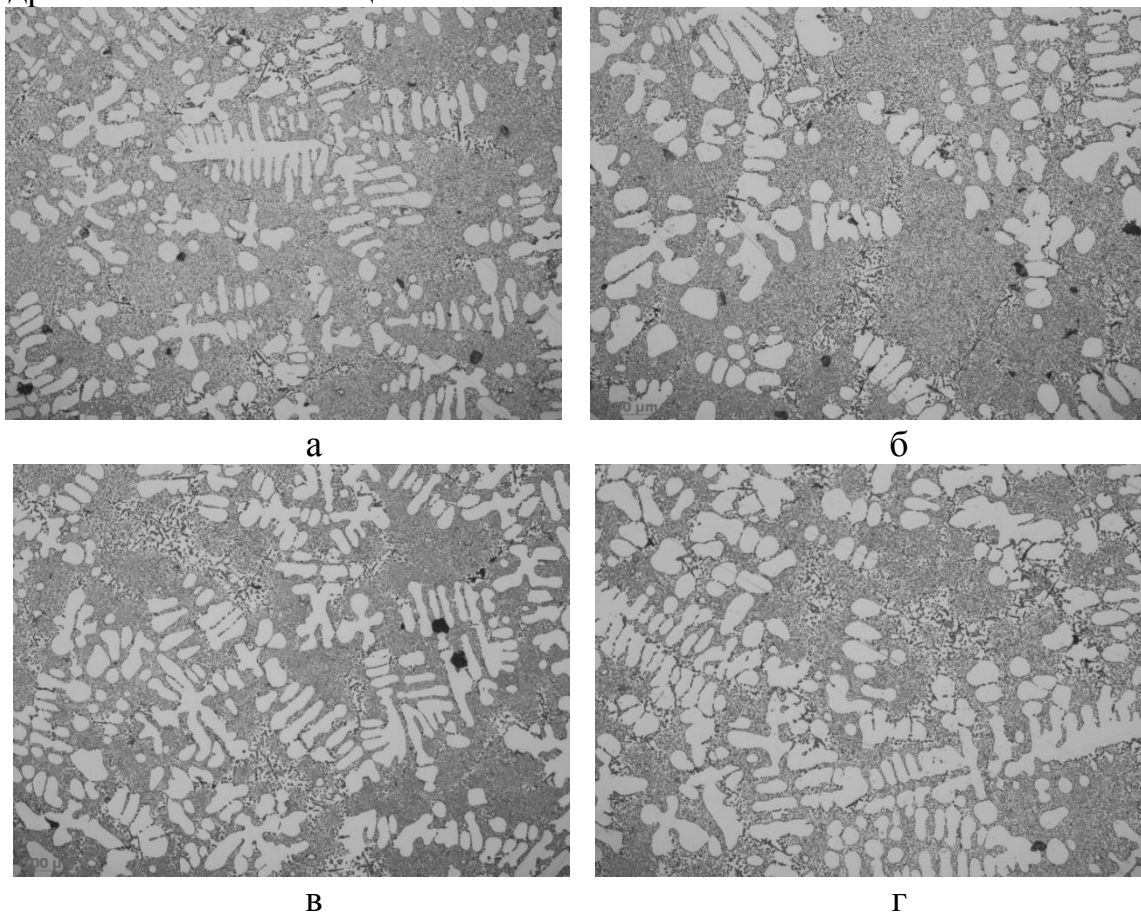


Рис. 1. Микроструктура опытного сплава, $\times 100$:
а - $Mg = 0,13\%$; б - $Mg = 0,18\%$; в - $Mg = 0,25\%$; г - $Mg = 0,32\%$

Проведен анализ размеров и показателя сферичности частиц эвтектического кремния, результаты представлены на рис. 2. Основными параметрами сферичности является форм-фактор, чем ближе его значение к единице, тем более округлую форму имеет объект.

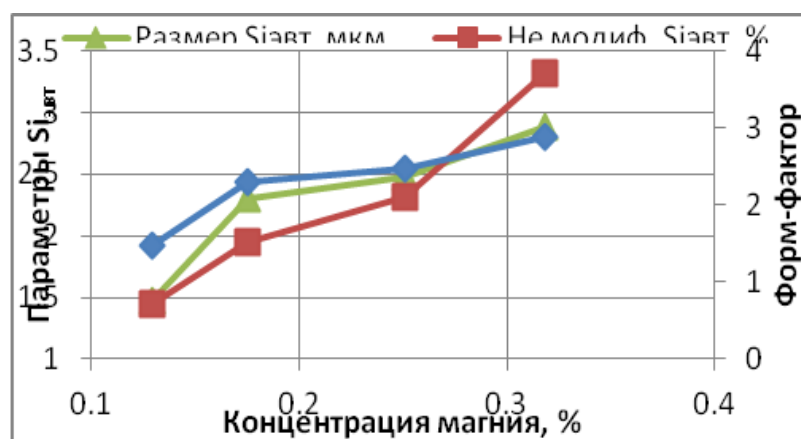


Рис. 2. Эвтектический Si в структуре опытных колес

Полученные результаты анализа микроструктуры спицы колеса, представленные на рис. 2, свидетельствуют о том, что с увеличением магния в сплаве эвтектика становится более вытянутой, размеры частиц эвтектического кремния увеличиваются.

Образцы, для измерения механических свойств были вырезаны из зоны спица. Твердость определяли на образцах, вырезанных из ступицы.

Таблица 1. Зависимость механических свойств от концентрации Mg

Концентрация Mg, %	σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %	НВ
0,13	196	87	9,2	58
0,18	193	91	7,9	61
0,25	188	95	5,7	65
0,32	185	98	3,7	65
ГОСТ Р 50511	>160	>80	>5	45-60

Из табл. 1 видно, что с увеличением содержания магния предел прочности уменьшается на 9 МПа, наиболее резкое снижение наблюдается при концентрации магния около 0,3%. Это связано с тем, что увеличивается размер частиц эвтектического Si, и объемная доля немодифицированной эвтектики. Условный предел текучести показывает незначительный линейный рост на 11 МПа, с повышением концентрации магния, что обусловлено упрочнением α -твердого раствора. Известно, что увеличение содержания магния оказывает отрицательное влияние на показатели пластичности, это подтверждается табл.1 [6] Относительное удлинение в сплаве с 0,32% Mg упало ниже требуемого значения. С увеличением содержания магния незначительно повышается твердость.

По результатам, приведенным в табл. 1 видно, что по показателям механических свойств, ГОСТ Р 50511-93 соответствуют все сплавы, кроме последнего, с содержанием магния 0,32 %.

На последнем этапе проводились стендовые испытания трех моделей дисков колес, с различным диаметром.

Проводились испытания на удар под углом 13° , нагрузка выбиралась в зависимости от диаметра колеса от 560 до 750 кг. На испытания было взято по два колеса каждой партии, удары производились в спицу и обод. Все колеса, кроме колес с 0,32% Mg показали положительные результаты. Колесо не прошло испытание на удар из-за низкой прочности и пластичности.

Были проведены испытания на изгиб с вращением, с различным для каждой модели задаваемым изгибающим моментом, нагрузка выбиралась в зависимости от размеров колеса от 2588 Nm до 3800 Nm. Все колеса прошли по 200000 циклов, без образования трещин.

Выводы

1. С увеличением концентрации магния в сплаве АК12 наблюдается рост частиц эвтектического кремния, а также возрастает объемная доля немодифицированной эвтектики, что приводит к снижению предела прочности и относительного удлинения. Данные изменения в структуре влияют на механические свойства отливок. Концентрация магния в сплаве АК12 выше 0,3% снижает механические и эксплуатационные свойства.

2. Оптимальным сочетанием механических свойств обладает сплав с концентрацией магния 0,13-0,17%. Такая концентрация позволяет увеличить запас предела текучести относительно ГОСТ Р 50511-93, при этом сохраняя предел прочности и относительное удлинение на достаточно высоком уровне. Концентрация магния в сплаве выше 0,3% снижает механические и эксплуатационные свойства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств», утвержденный постановлением правительства РФ от 10 сентября 2009 г. №720.

2. Правила ЕЭК ООН №124 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения колес для легковых автомобилей и их прицепов».

3. ГОСТ Р 50511-93 «Колеса из легких сплавов для пневматических шин».

4. В.С. Золоторевский, Н.А. Белов. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. М.: МИСиС, 2005. – 376с

5. M.A. Moustafa, F.H. Samuel, H.W. Doty // Materials Science Forum Vols. 467-470 (2004) pp 399-406.

6. Белов Н.А., Савченко С.В., Хван А.В. Фазовый состав и структура силуминов: Справочное издание. – М.: МИСИС, 2008. – 283 с.